

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Гончарова Аркадия Сергеевича

«Автоматизация управления предиктивным техническим обслуживанием и ремонтом промышленных роботов» представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

Актуальность темы. В связи с развитием комплексных автоматизированных и роботизированных промышленных производств появляется больше вызовов и задач по поддержке устойчивой и непрерывной работы производственных линий. В информационные инфраструктуры такого рода производств всё чаще внедряются интеллектуальные системы для обеспечения комплексного анализа текущего и прогнозируемого состояния как производственной линии в целом, так и отдельной единицы оборудования в частности. Анализ непрерывно генерируемого объема данных является одной из важных задач для управления и принятия решений с целью своевременного технического обслуживания и уменьшения экономических издержек производства вследствие незапланированных отказов.

Диссертация Гончарова Аркадия Сергеевича «Автоматизация управления предиктивным техническим обслуживанием и ремонтом промышленных роботов» посвящена решению задач и разработке программно-алгоритмического решения в области предиктивного технического обслуживания и ремонта промышленных роботов, а именно автоматизации процессов управления прогнозными моделями анализа данных разнородного оборудования с применением методов оценки подобия исторических данных о его работе. В силу специфики методов анализа данных (машинного обучения в целом, и нейронных сетей в частности), применение моделей (конструирование, обучение, тестирование и валидация) требует значительных временных и вычислительных затрат, что ведет к возникновению дополнительных издержек. Разработка методов и алгоритмов по управлению моделями анализа и адаптация систем принятия решений к новым объемам больших данных является актуальной задачей для повышения экономической эффективности современного производства. Актуальными являются как теоретические исследования в данной области, направленные разработку алгоритмов для автоматизации управления предиктивным техническим обслуживанием, так и практические результаты апробации соответствующий программных решений.

Целью диссертационного исследования является разработка алгоритмического и программного обеспечения для повышения эффективности процесса автоматизированного управления техническим обслуживанием и ремонтом промышленных роботов. Диссертация раскрывает новые подходы к автоматизации процесса управления моделями анализа данных и содержит пояснения для обоснования их экономической

эффективности. Таким образом, диссертационная работа Гончарова Аркадия Сергеевича является актуальной.

Научная новизна и практическая значимость исследований. В диссертации представлены следующие результаты, обладающие научной новизной и имеющие практическую значимость:

– Предложена методика проектирования программного обеспечения на базе проблемно-ориентированного конвейера обработки данных для автоматизации процессов конструирования и подбора моделей анализа данных, отличающаяся обеспечением оркестрации и модульности на всех этапах технического обслуживания на основе данных.

– Предложен алгоритм автоматизированного подбора и оценки эффективности модели машинного обучения для прогнозирования параметров работы промышленного робота, обеспечивающий сокращение временных ресурсов на использование моделей анализа до 18 %.

– Предложен алгоритм вычисления меры сходства наборов данных, собранных с парка робототехнического оборудования, повышающий эффективность процесса прогнозирования 5,1 % при пороговом значении потери точности до 12 %, и отличающийся возможностью обработки гетерогенных данных.

– Разработан алгоритм детектирования аномальных значений параметров промышленных манипуляторов при выполнении рабочей операции, отличающийся от штатных средств мониторинга учетом диапазона допустимых значений на каждой операции, определенной программой оператора.

Полученные результаты и разработанное программное обеспечение внедрены и используются в компании ООО «Инспайр-технологии» для мониторинга и диагностики состояний промышленных манипуляторов в роботизированных ячейках, о чем имеется соответствующий акт.

Степень обоснованности и достоверности научных положений и выводов, сформулированных в диссертации. Результаты диссертационной работы получены с использованием репрезентативного набора данных, собранного в процессе работы парка промышленных роботов. Автор корректно применяет методы системного анализа, программной инженерии, анализа данных и имитационного моделирования.

Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на конференциях всероссийского и международного уровня. Опубликованы 3 статьи в изданиях, включенных в перечень ВАК и 1 работа в зарубежном издании, индексируемом в Scopus. Оформлено 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Значимость результатов и рекомендации по использованию результатов. Результаты, полученные автором, были эмпирически проверены и подтвердили свою эффективность по результатам внедрения в

автоматизированный процесс подготовки и конструирования моделей анализа данных, направленных на выявление аномальных состояний промышленных роботов в компании ООО «Инспайр-технологии», а также в образовательном процессе отделения информационных технологий ФГАОУ НИ ТПУ по направлению 09.03.04 «Программная инженерия». При соответствующей адаптации полученные автором результаты применимы не только в роботизированных производствах, но и в иных «умных» отраслях промышленности, включая «цифровые месторождения».

Оценка содержимого диссертации и её завершенность.

Диссертационная работа изложена на 186 страницах машинописного текста, содержит 80 рисунков и 13 таблиц. Работа состоит из введения, 4-х глав, общих выводов и основных результатов, библиографического списка из 167 наименований и 12 приложений.

Во введении обосновывается актуальность темы, определяются цели и задачи исследования, раскрывается научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе описаны результаты системного анализа современного состояния исследований в области управления и интеллектуализации производственных процессов, в частности – оценки работоспособности и состояния промышленных роботов. Данные процессы затрагивают аспекты автоматизации производства, управления энергией и ресурсами, разработки и внедрения систем сбора, передачи и хранения данных для принятия стратегических решений, а также технологическую модернизацию основных средств производства с целью интеллектуализации процессов управления.

Во второй главе выполнено проектирование проблемно-ориентированного конвейера данных для процесса управления предиктивным техническим обслуживанием и ремонта на основе данных. Проектирование конвейера обработки данных выполнено в соответствии с требованиями и ограничениями структурно-функциональной схемы автоматизированной системы формирования предписаний для управления техническим обслуживанием промышленного робота.

Третья глава содержит результаты проектирования и разработки программного обеспечения управления данными и прогнозными моделями интеллектуального анализа для процесса предиктивного технического обслуживания и ремонта. Приведено описание реализации предложенного алгоритма подбора и оценки эффективности модели машинного обучения. Сформирована концептуальная схема архитектуры программного обеспечения и конкретизирована работа отдельных модулей с использованием средств нотации UML. Также приведены схемы используемых баз данных (реляционных и нереляционных), которые соответствуют правилам организации данных согласно первым трем нормальным формам.

В четвертой главе представлены результаты внедрения и апробации программного обеспечения в устройство управления предиктивным техническим обслуживанием и ремонтом промышленного робота. Описана

последовательность тестирования разработанного комплекса алгоритмов, приведены архитектуры моделей анализа данных и их метрики. Представлена имитационная модель, демонстрирующая повышение эффективности процесса технического обслуживания и ремонта на основе данных за счет экономии вычислительных и временных ресурсов на использование и конструирование моделей.

В **заключении** автор привел выводы по проделанной работе наряду с общими результатами, а также обоснованием достижения целей и задач диссертационного исследования.

В целом диссертация Гончарова Аркадия Сергеевича является законченным исследованием, описывает решение актуальных задач в области анализа данных для предиктивного технического обслуживания промышленных роботов.

Замечания по работе. К содержанию работы могут быть сделаны следующие замечания:

1. Наличие опечаток на страницах 33, 45, 68, 96.
2. Оформление формул на странице 125 не соответствует ГОСТ 7.32-2017.
3. В главе 2 не определены системные требования к операционной системе для разработанного программного обеспечения.
4. В подразделе 2.4 отсутствует формальное описание методов оценки сходства данных.
5. В подразделе 3.3.4. на рисунке 37 в процессе расчета процента точности не указана метрика MSE (среднеквадратичное отклонение).
6. В подразделе 4.3. отсутствует оценка сходства наборов данных по шкале $[0, 1]$, где 0 – отсутствие сходства, а 1 – полное сходство.

Указанные замечания не снижают значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования Гончарова Аркадия Сергеевича.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней. Содержание диссертации и автореферата позволяет утверждать, что исследование выполнено автором самостоятельно с применением актуальных методов научных исследований и цифровых технологий. Работа отличается внутренней целостностью и включает новые научные результаты, представленные к публичной защите, и является законченным научным трудом, имеющим как теоретическую, так и практическую ценность.

Опубликованные работы в достаточной степени отражают содержание и основные результаты, полученные автором диссертации.

Представленная диссертация соответствует пунктам паспорта специальности 2.3.3 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами»: п. 6 – «Научные основы и методы построения интеллектуальных систем управления технологическими процессами и

производствами»; п. 12 – «Методы создания специального математического и программного обеспечения, пакетов прикладных программ и типовых модулей функциональных и обеспечивающих подсистем АСУТП, АСУП, АСТП и др., включая управление исполнительными механизмами в реальном времени».


Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Заключение

Таким образом, диссертация Гончарова Аркадия Сергеевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой описано решение актуальной научной задачи в области разработки алгоритмов автоматизации управления предиктивным техническим обслуживанием и ремонтом промышленных роботов. Диссертационная работа отвечает критериям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор – Гончаров Аркадий Сергеевич заслуживает присуждения ему степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Согласна на включение моих персональных данных в аттестационное дело соискателя А.С. Гончарова и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор,
заведующая кафедрой «Автоматизированные технологические и информационные системы»
Института химических технологий и инжиниринга ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»


03.03.2025 г.

Муравьева Елена Александровна

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет».

Адрес: Россия, 450064, Приволжский федеральный округ, Республика Башкортостан, г. Стерлитамак, пр. Октября, дом 2

Тел. +7 (917)4466044, электронная почта muraveva_ea@mail.ru

